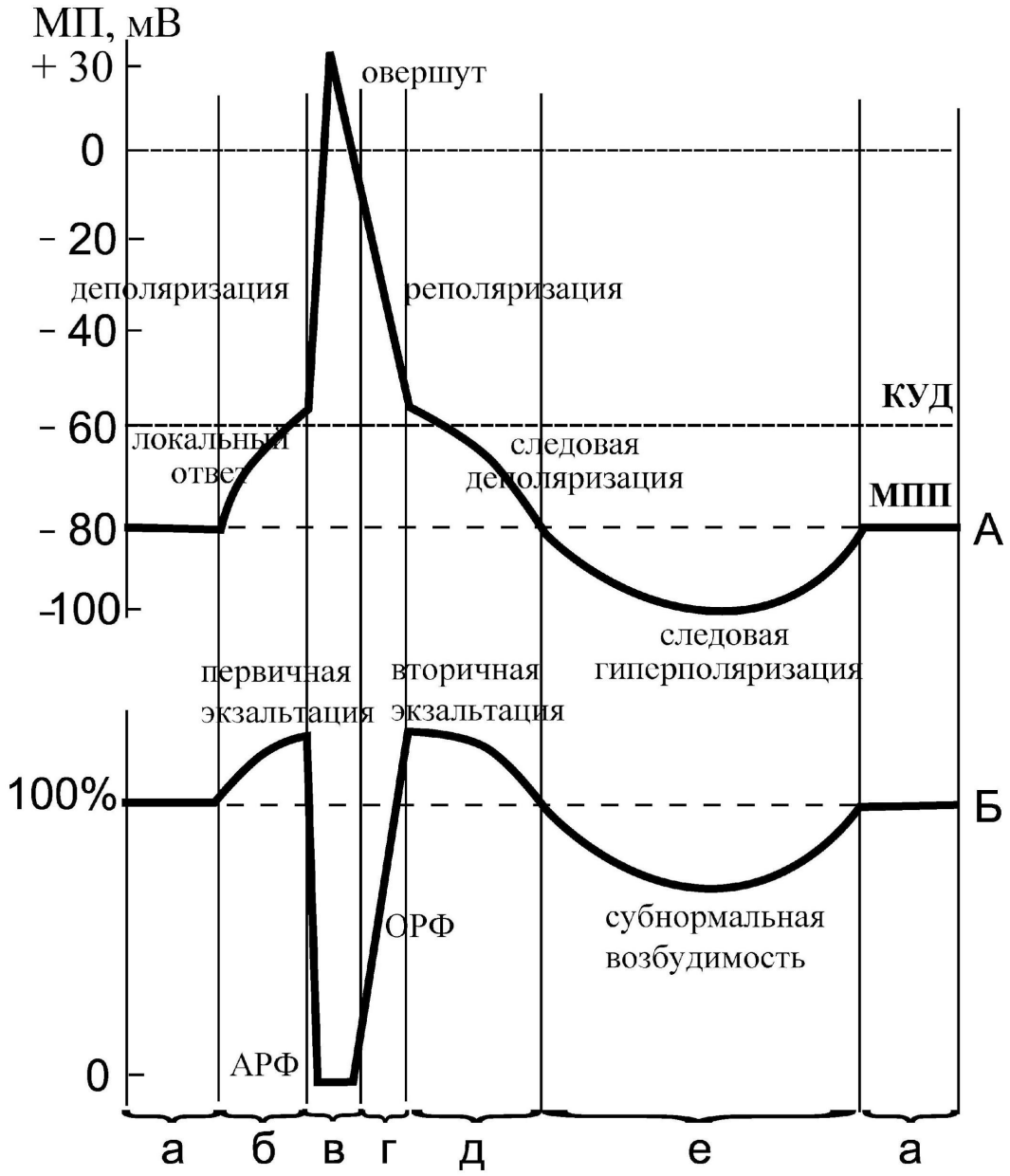
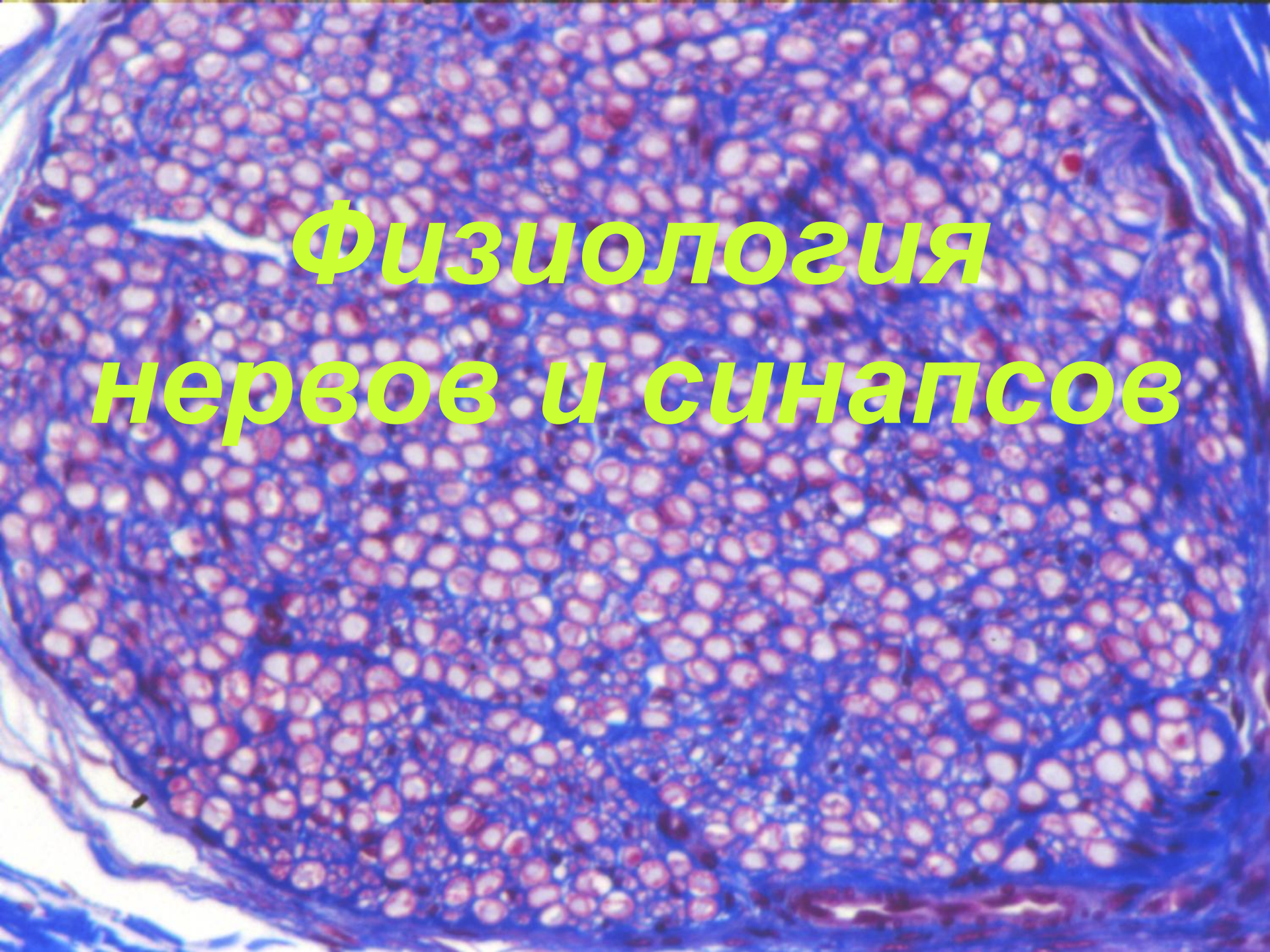
Изменение возбудимости во время потенциала действия

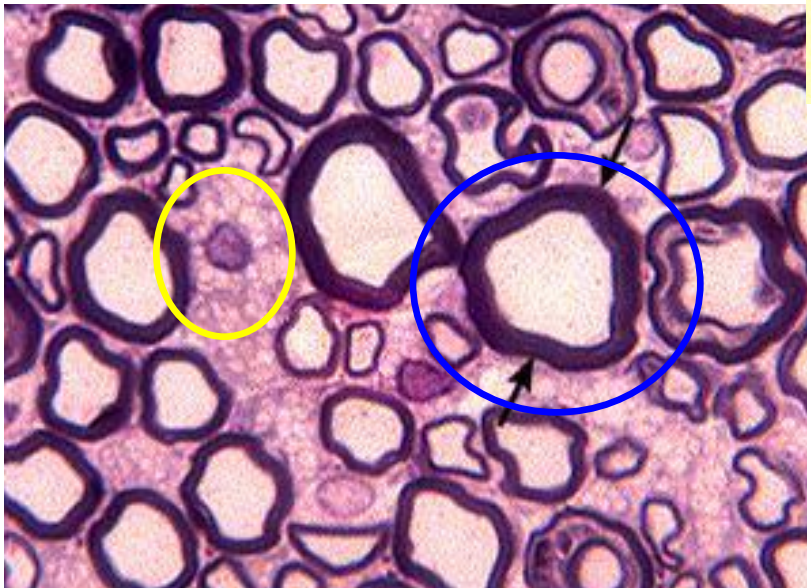



Физиология
нервов и синапсов

НЕРВНЫЕ ВОЛОКНА

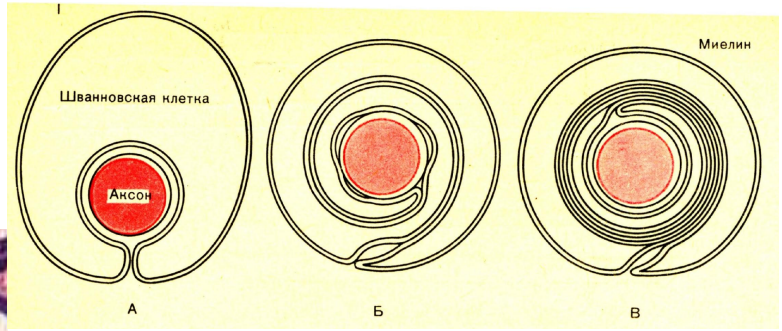
НЕМИЕЛИНИЗИРОВАННЫЕ

лишены миелиновой оболочки.

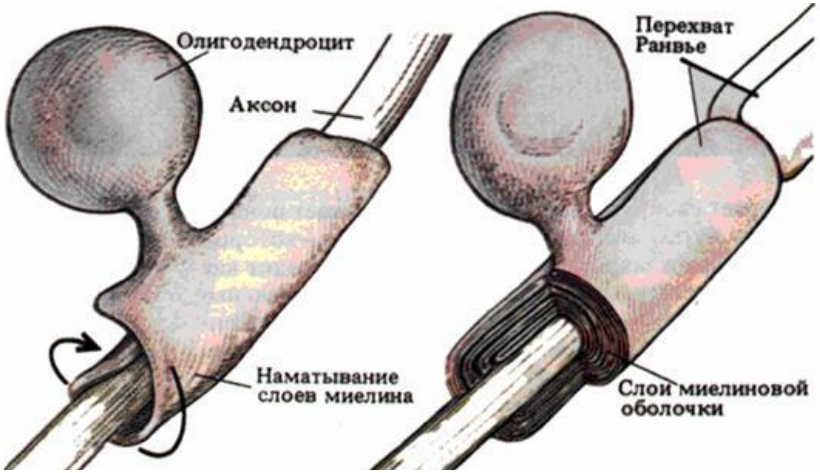


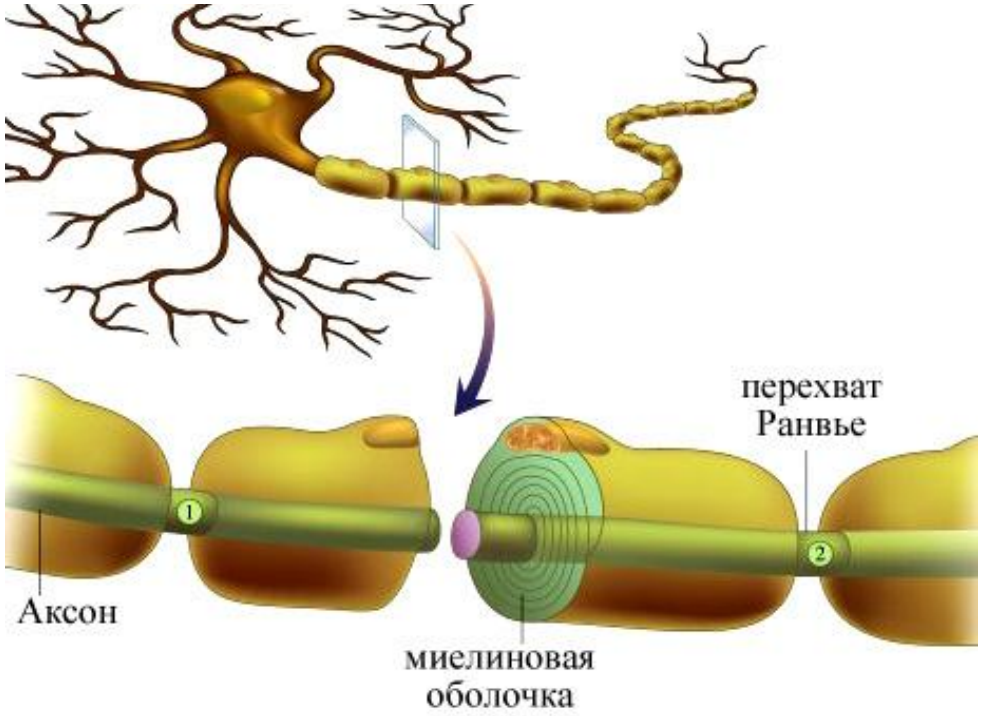
МИЕЛИНИЗИРОВАННЫЕ

покрыты *миелиновой оболочкой*. Миелиновую оболочку образуют изолированные Шванновские клетки (олигодендроциты).



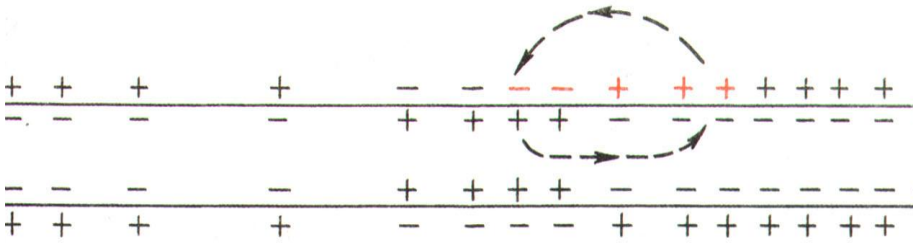
Образование миелинизированных волокон



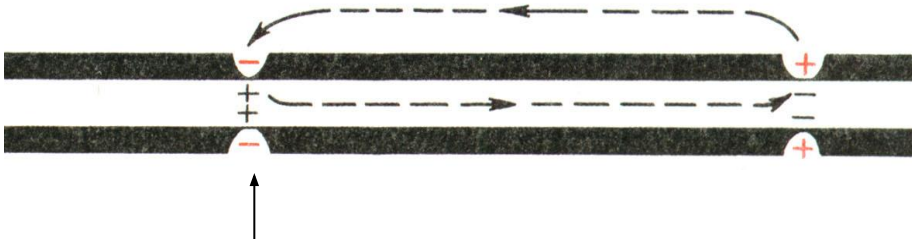


Проведение возбуждения по нервным волокнам

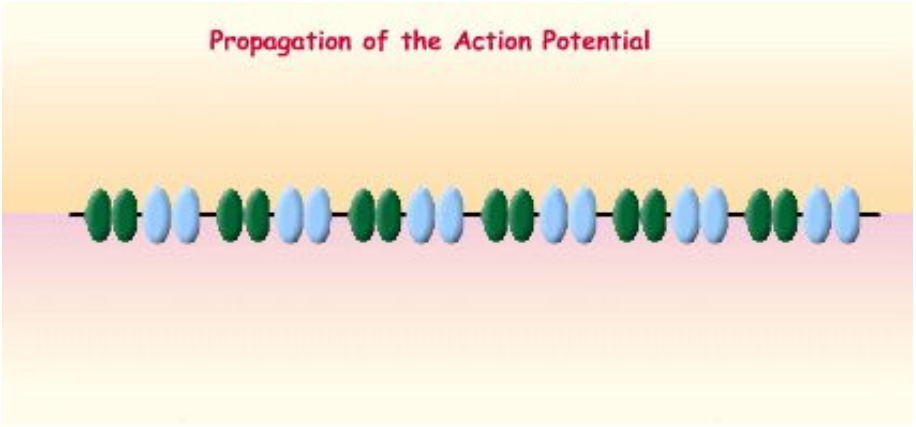
немиелинизированным:
непрерывное

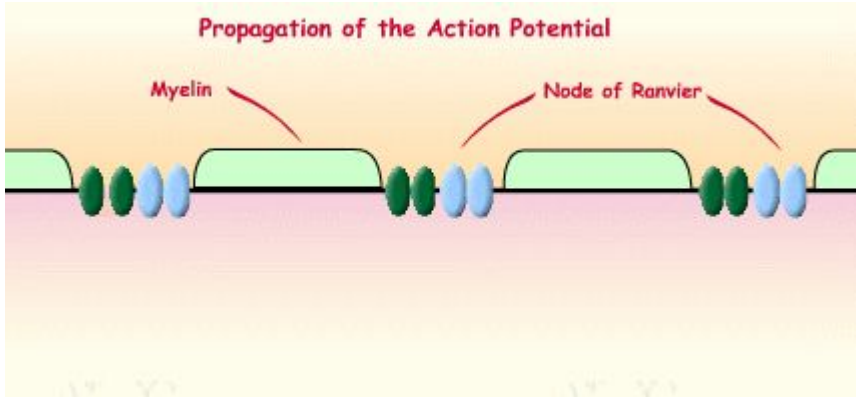


миелинизированным:
скачкообразное

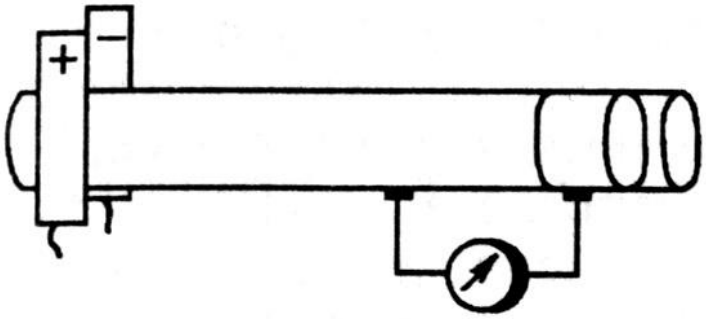


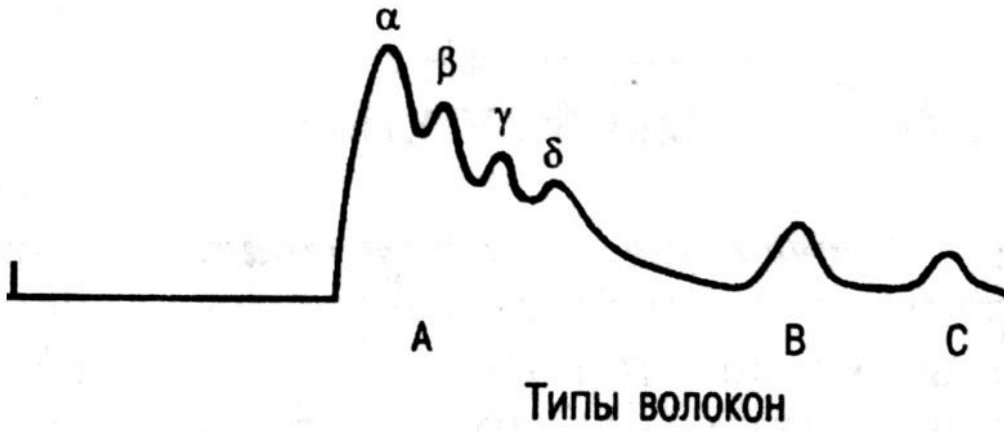
Перехват Ранвье





Типы нервных волокон

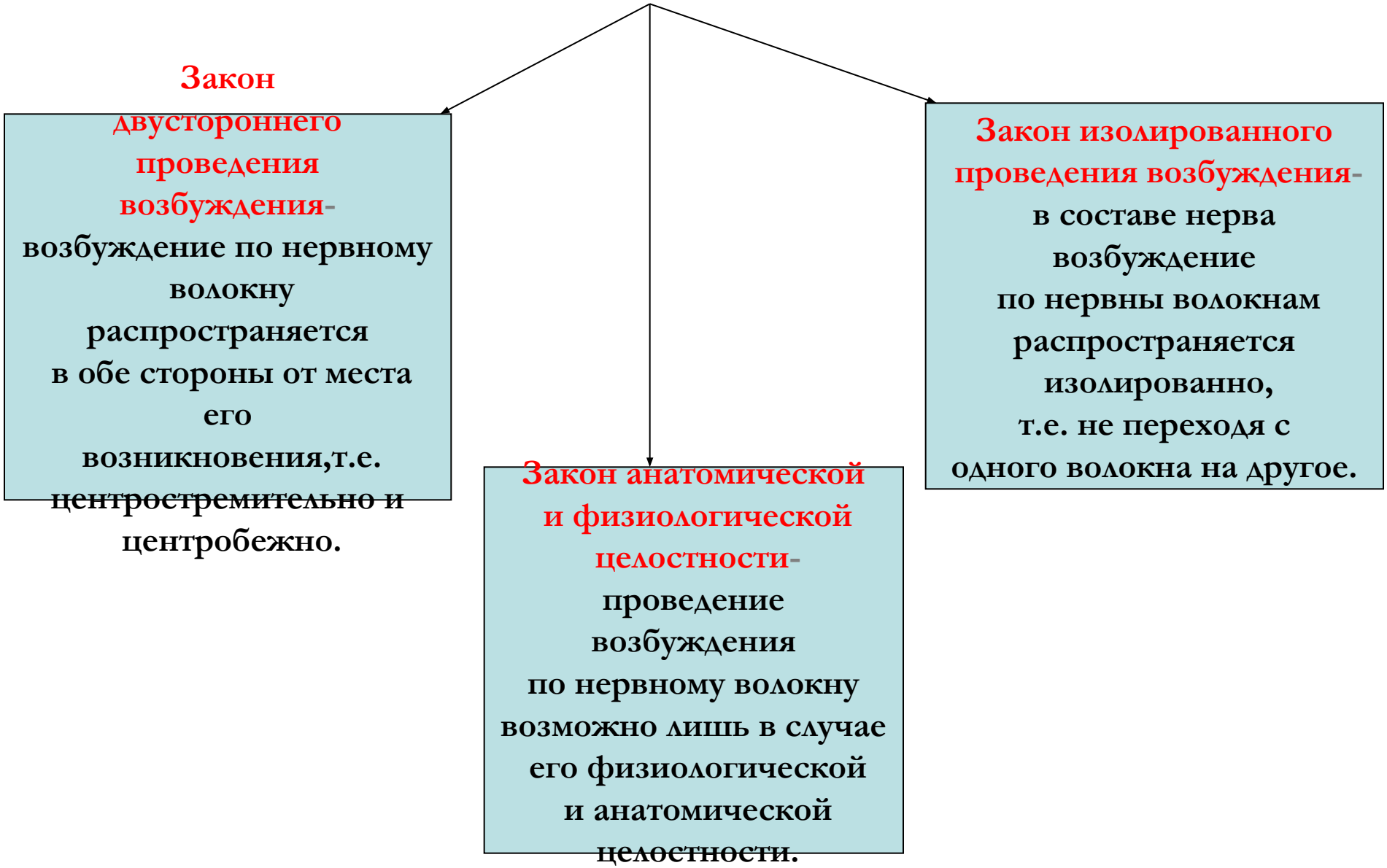


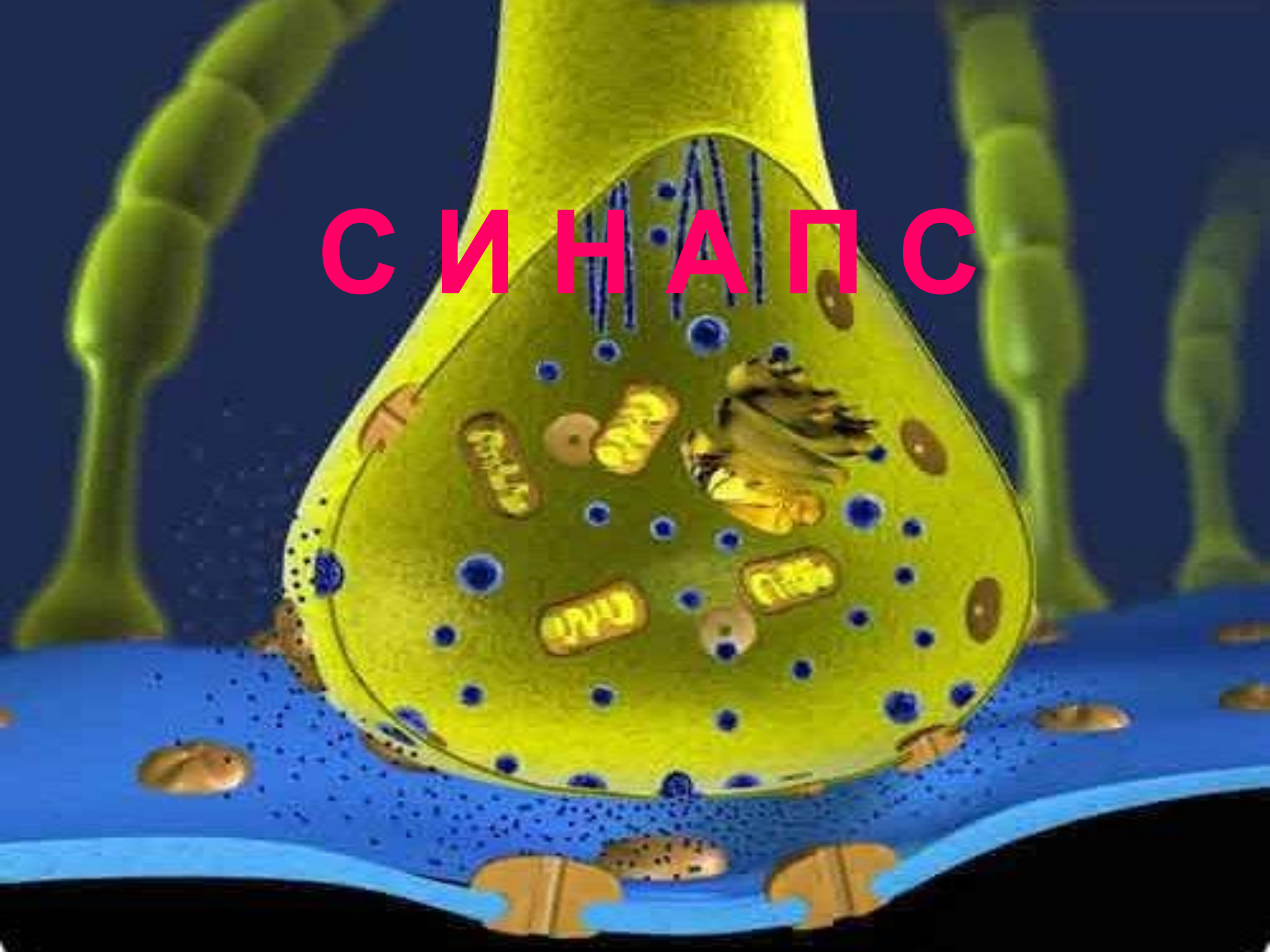


max диаметр
max скорость
120 м/с

min диаметр
min скорость
0,5-2 м/с

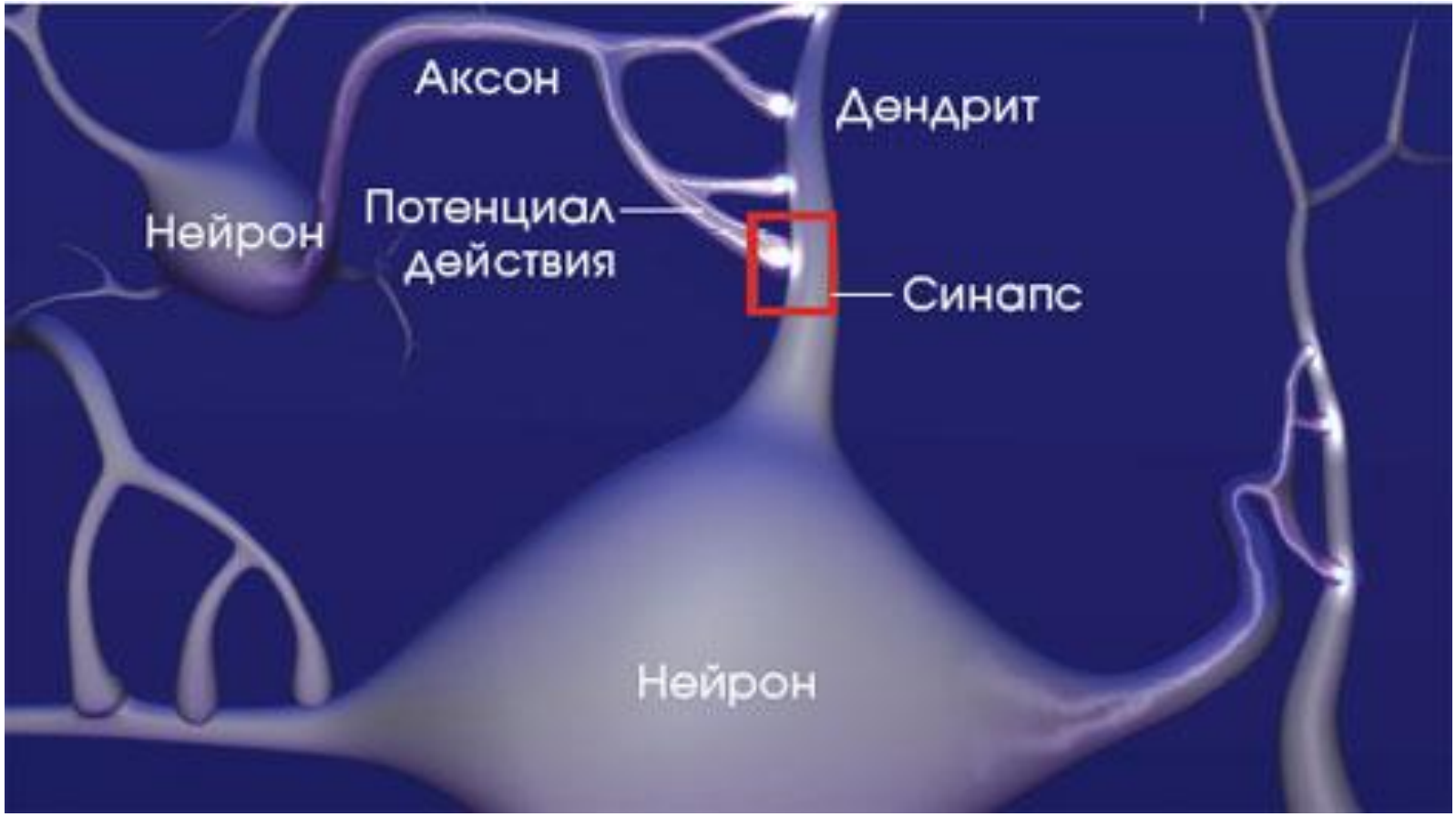
Законы проведения возбуждения по нервным волокнам и нервам




С И Н А П С

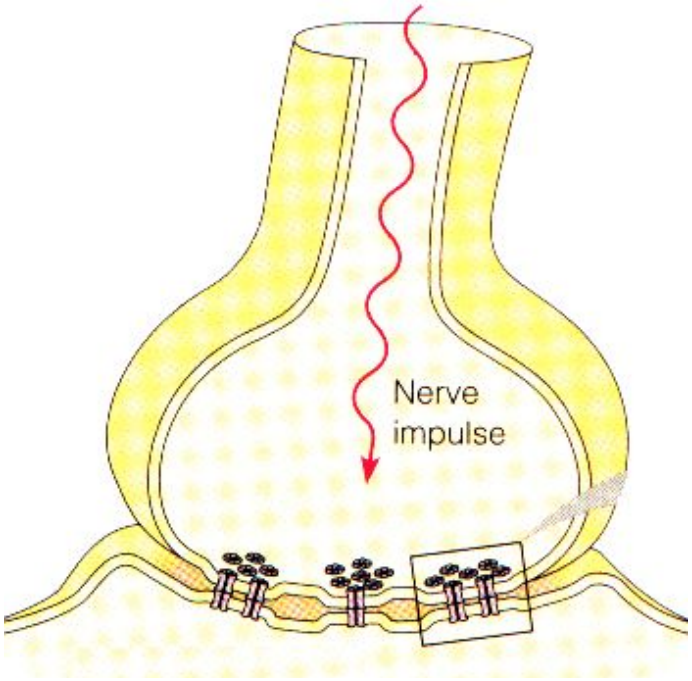
Синапс – **образование, обеспечивающее передачу возбуждения от одной возбудимой структуры к другой.**

Синапс чаще всего образован окончанием аксона нейрона и прилегающим близко к нему участком мембраны контактирующей структуры (другого нейрона, мышечного волокна, эндокринной клетки).



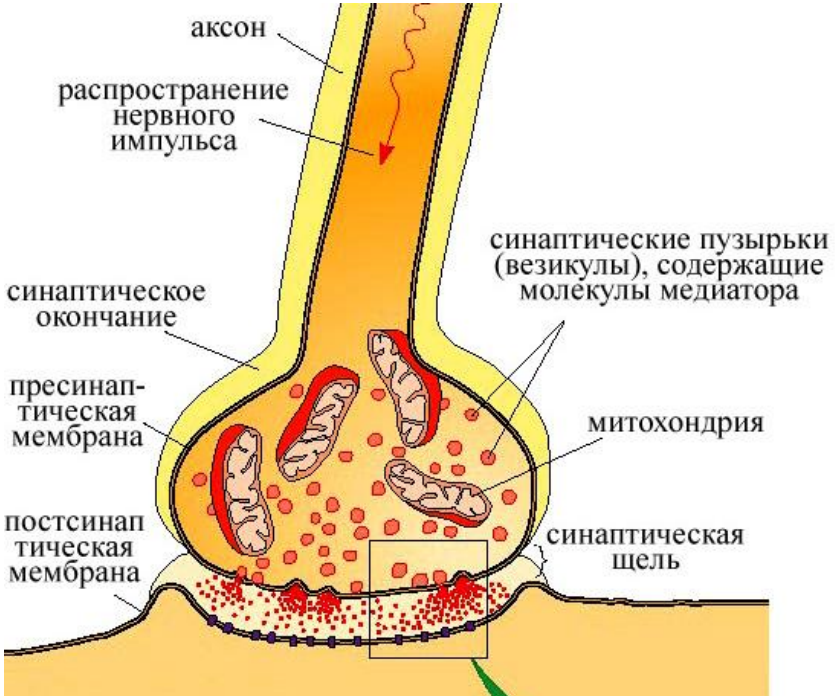
ВИДЫ СИНАПСОВ ПО ТИПУ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Электрический синапс (≈ 1%)



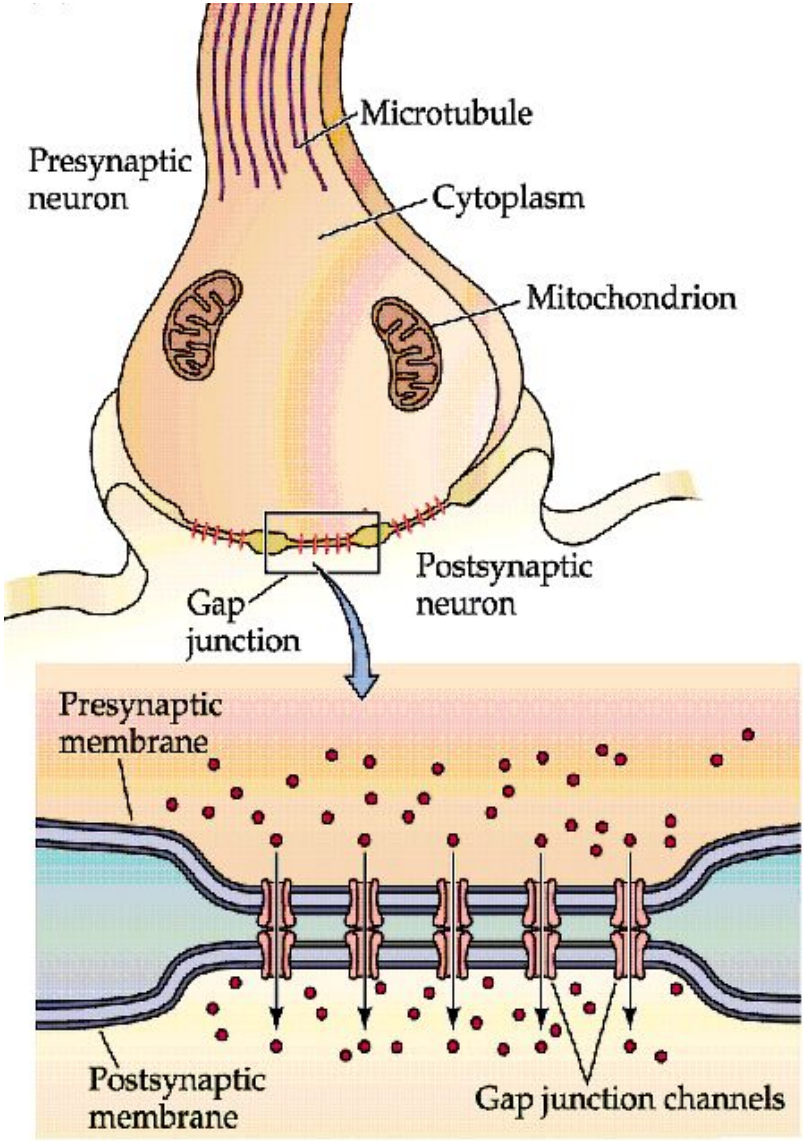
Передача возбуждения в электрических синапсах происходит за счет непосредственного действия электрического тока.

Химический синапс (≈ 99%)



Передача возбуждения в химических синапсах происходит опосредованно: через выделение и действие химического вещества (*медиатора*).

СВОЙСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

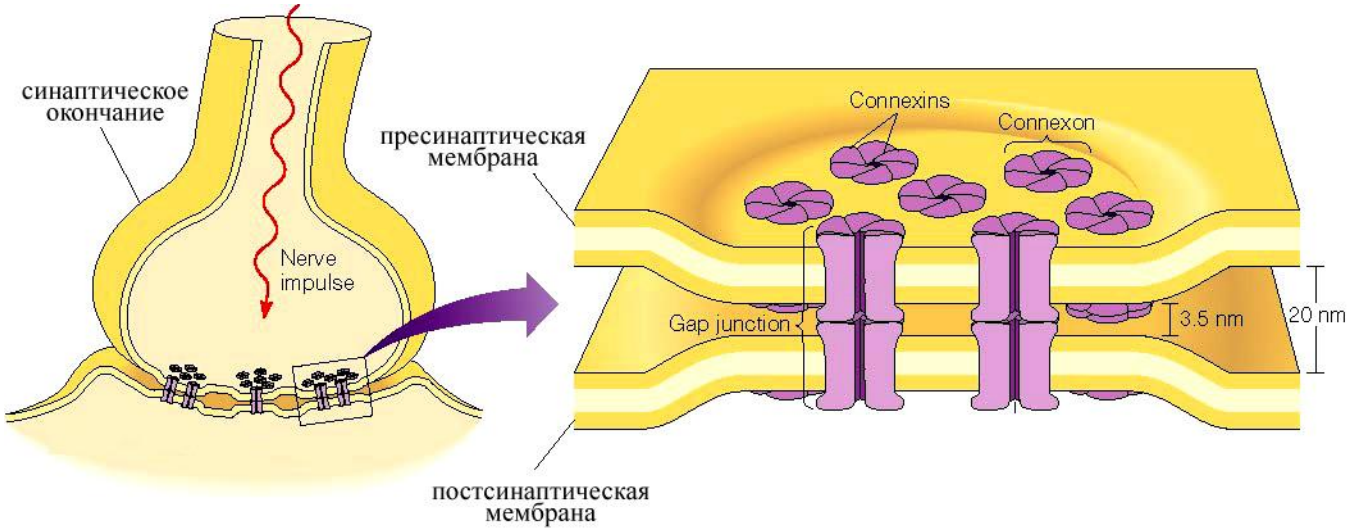


К электрическим синапсам относят:

- структуры с полным слиянием мембран;
- контакты со сближением мембран, разделенных узкой щелью (gap junction);
- близко расположенные участки нейронов, не разделенные глией.

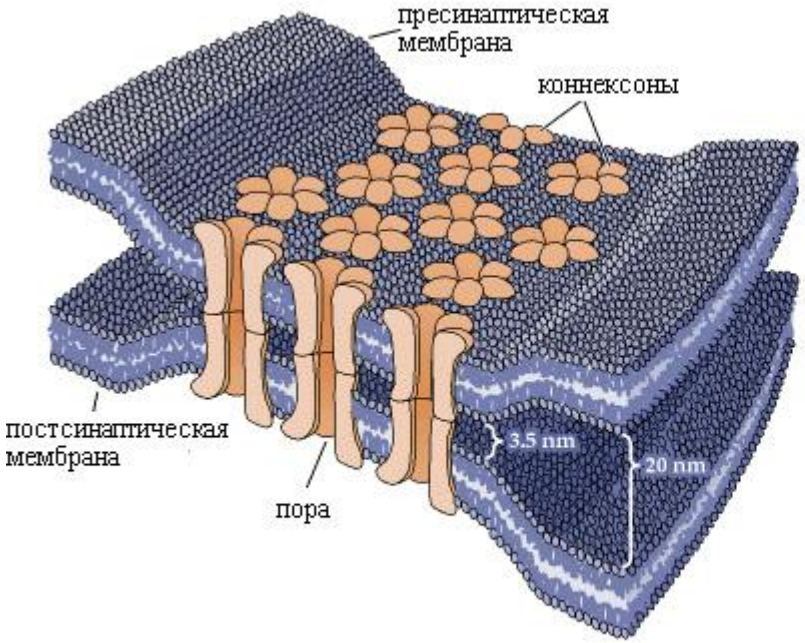
Для электрических синапсов характерны:

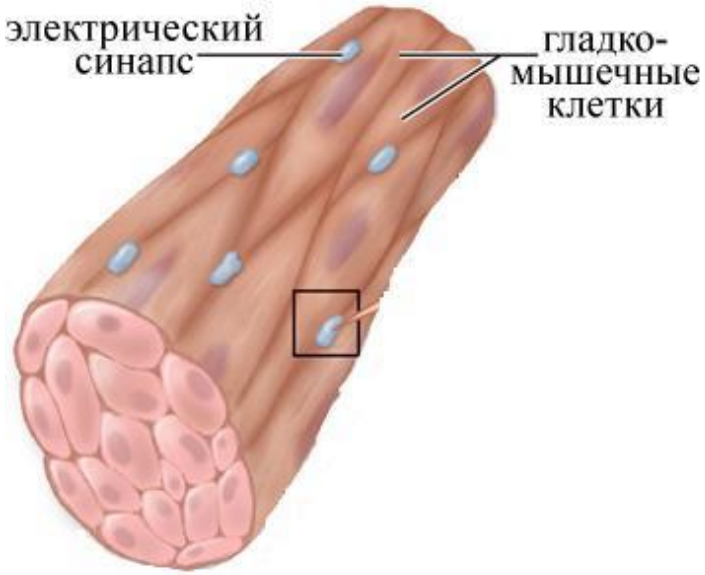
- тесное прилегание мембран контактирующих клеток;
- передача импульса – за счет электрического тока;
- быстрое проведение импульса;
- двустороннее проведение возбуждения;
- низкая утомляемость;
- ослабление сигнала при передаче.



В щелевых контактах есть каналы (*коннексоны*), через которые молекулы из одной клетки могут напрямую переходить в другую клетку.
Через коннексоны ток в виде ионов распространяется по клеточному синцитию.

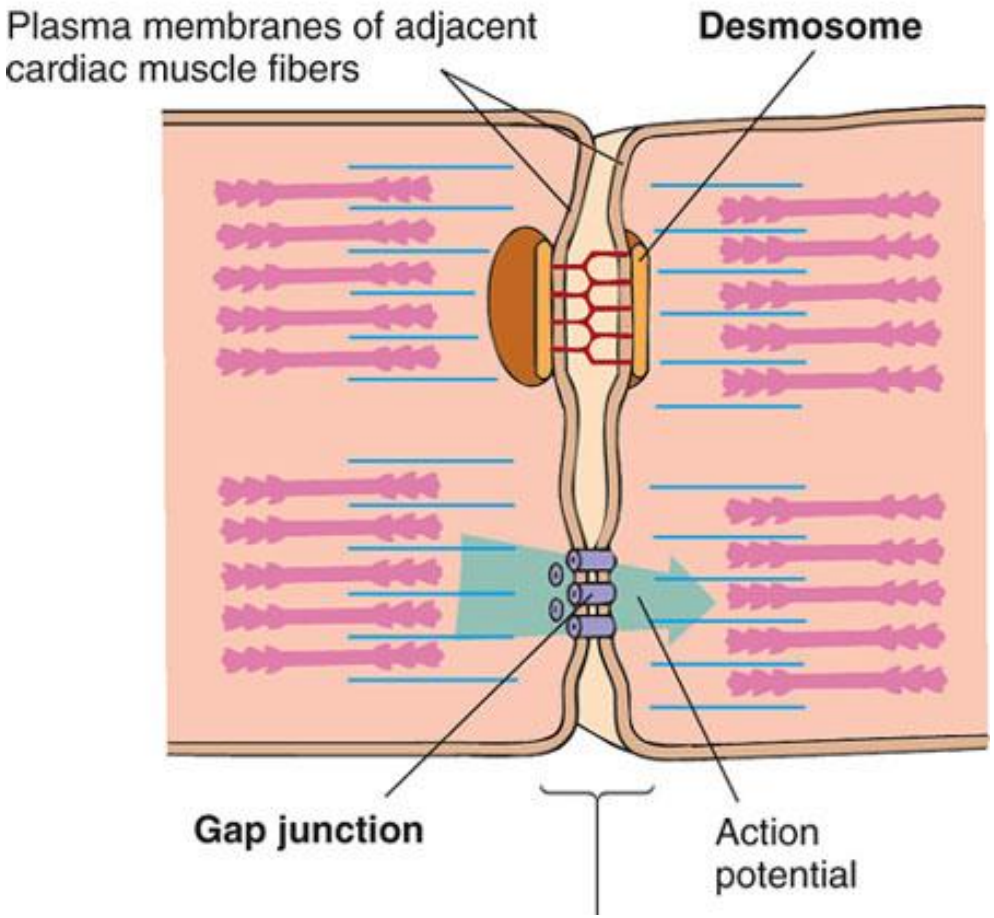
Электрические синапсы обеспечивают синхронность ответа множества клеток на приходящий сигнал, несмотря на ослабление возбуждения.



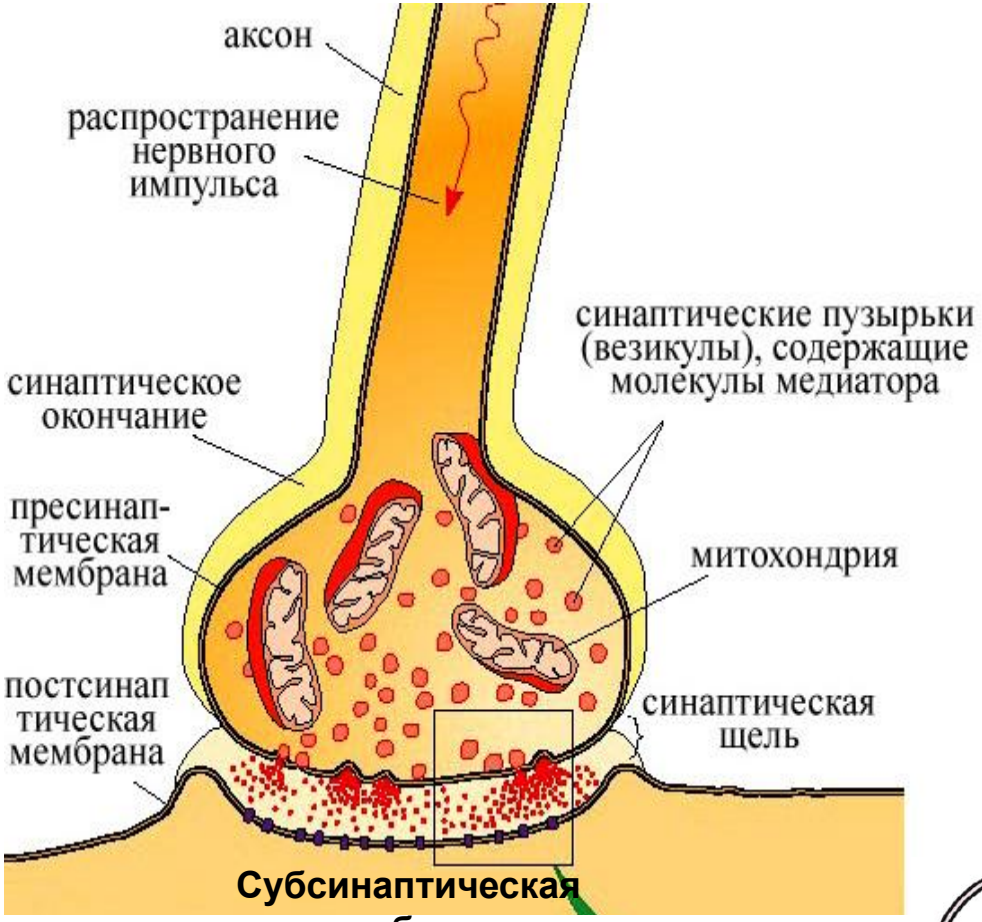


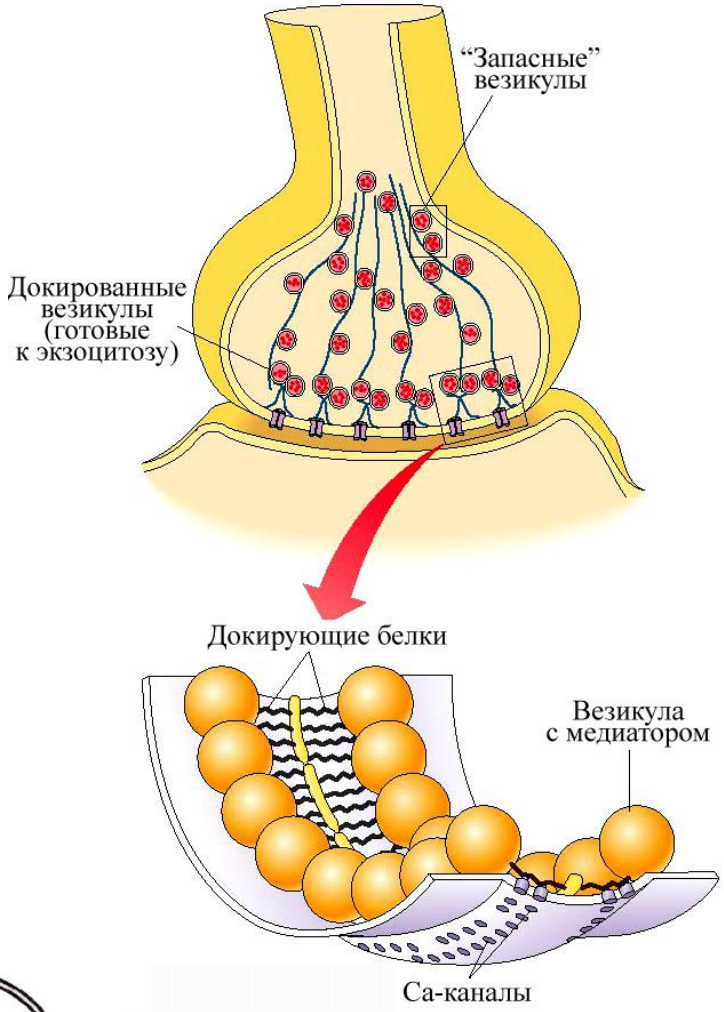
Гладкие мышцы

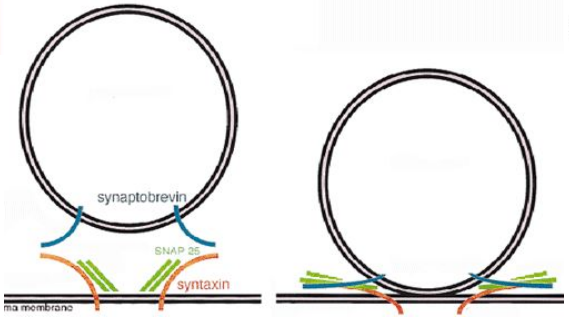
Сердечная мышца

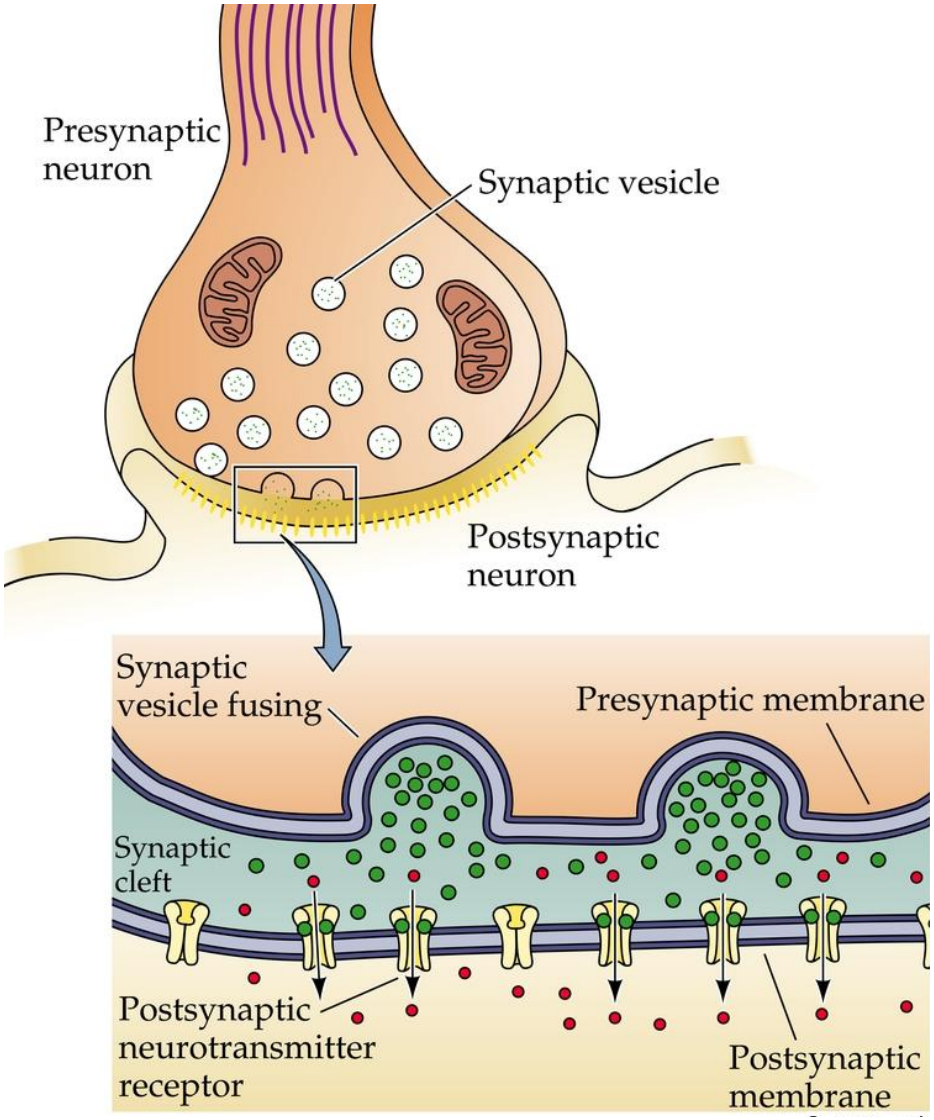


СТРОЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

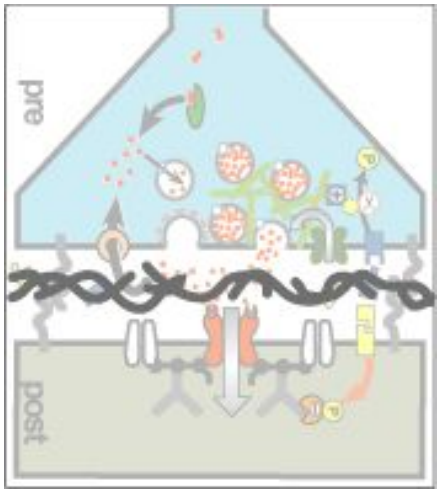








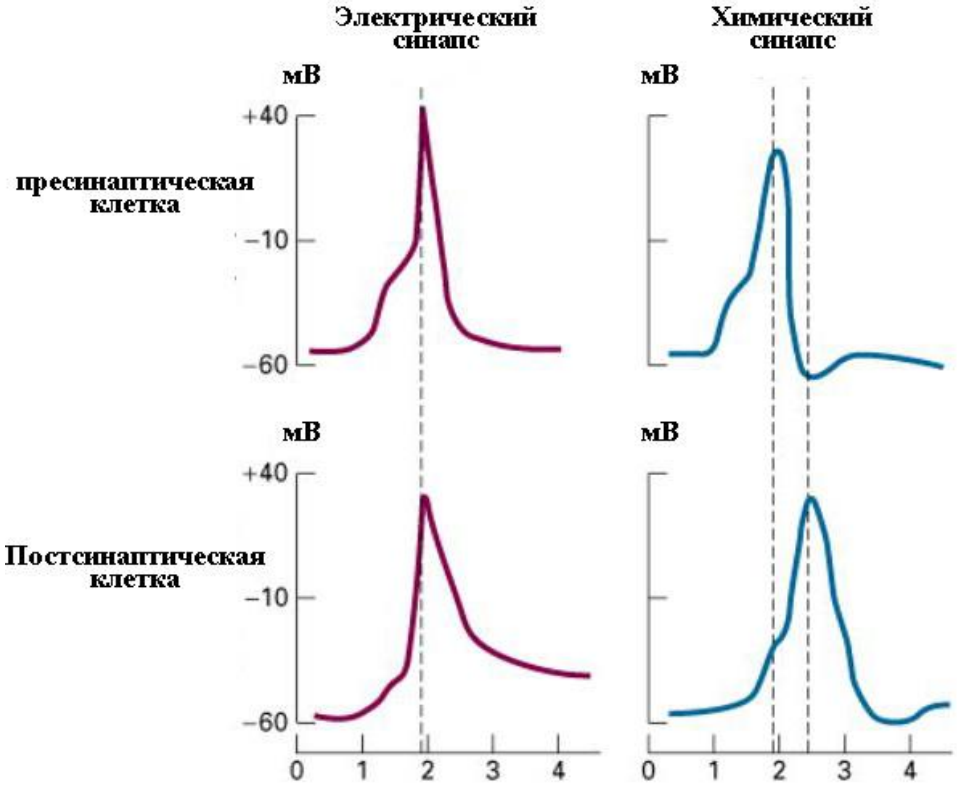
Субсинаптическая мембрана



Синаптическая щель

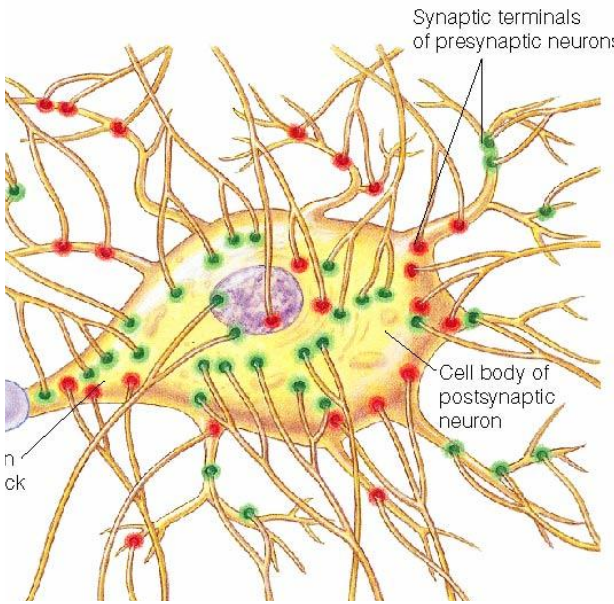
СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ СИНАПСОВ

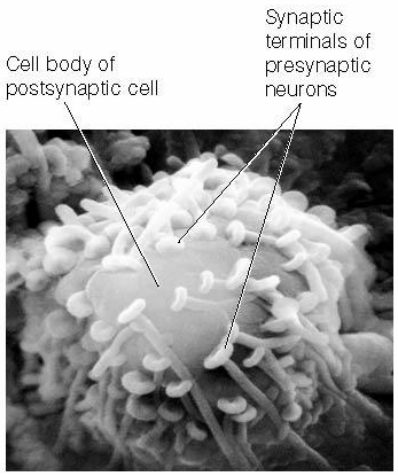
- наличие синаптической щели;
- передача импульса с помощью химического вещества – медиатора;
- проведение импульса с задержкой (0.2-0.5 мс);
- одностороннее проведение возбуждения;
- низкая лабильность (около 100 Гц);
- трансформация ритма возбуждения в межнейронных синапсах;
- повышенная утомляемость;
- повышенная чувствительность к химическим веществам и недостатку кислорода.



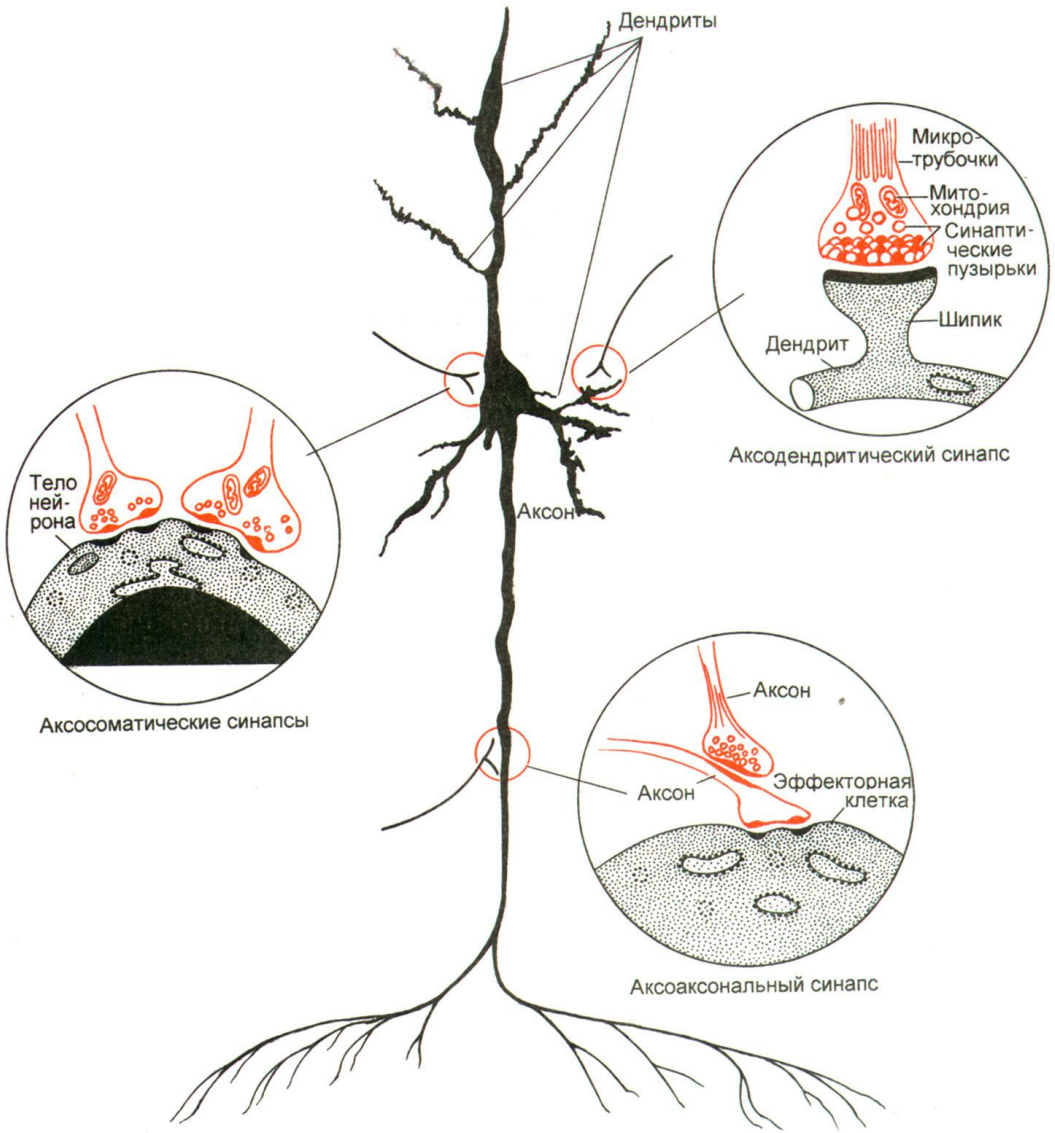
По местоположению и принадлежности к соответствующим структурам различают синапсы:

- Периферические
  - Нервно-мышечные.
  - Нервно-секреторные.
  - Рецепторно-нейрональные.
  - Синапсы ганглиев автономной нервной системы.
- Центральные: между нейронами ЦНС

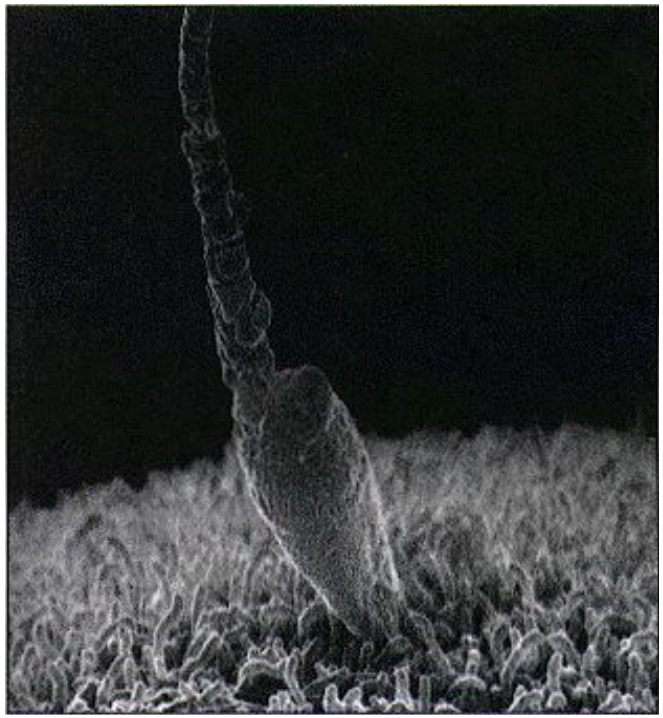




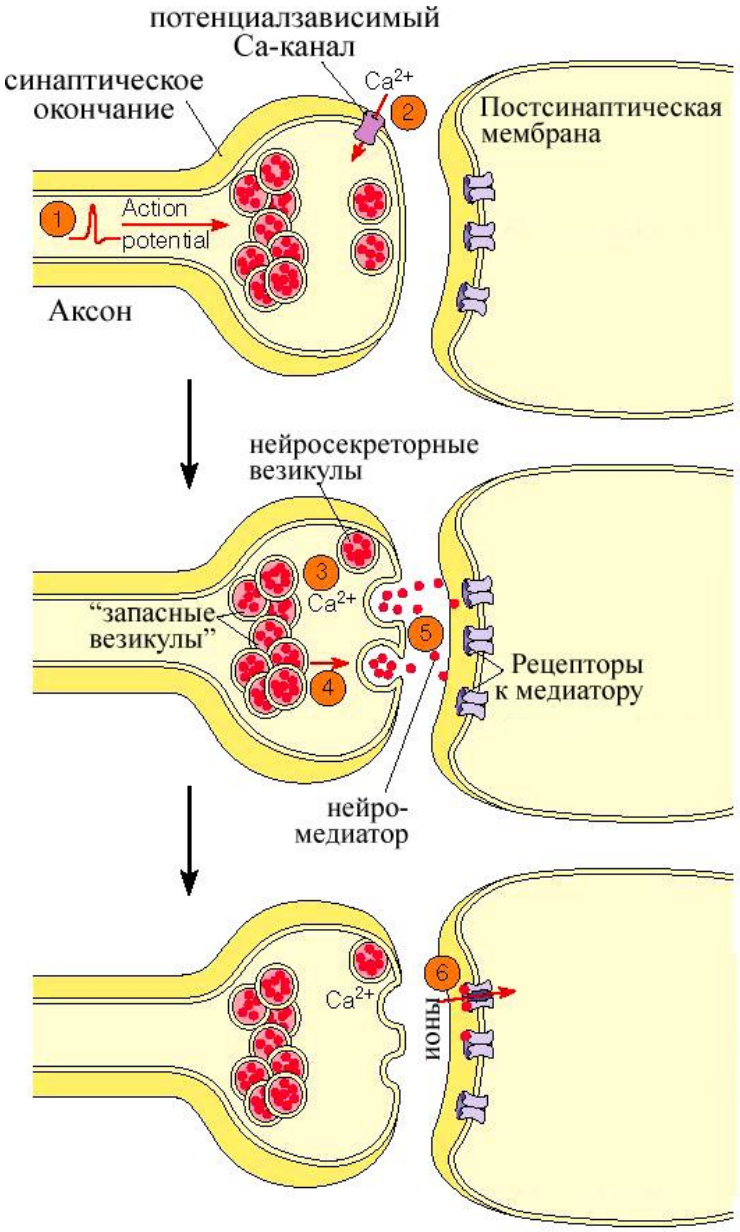
Центральные синапсы



Аксо-дендритный синапс

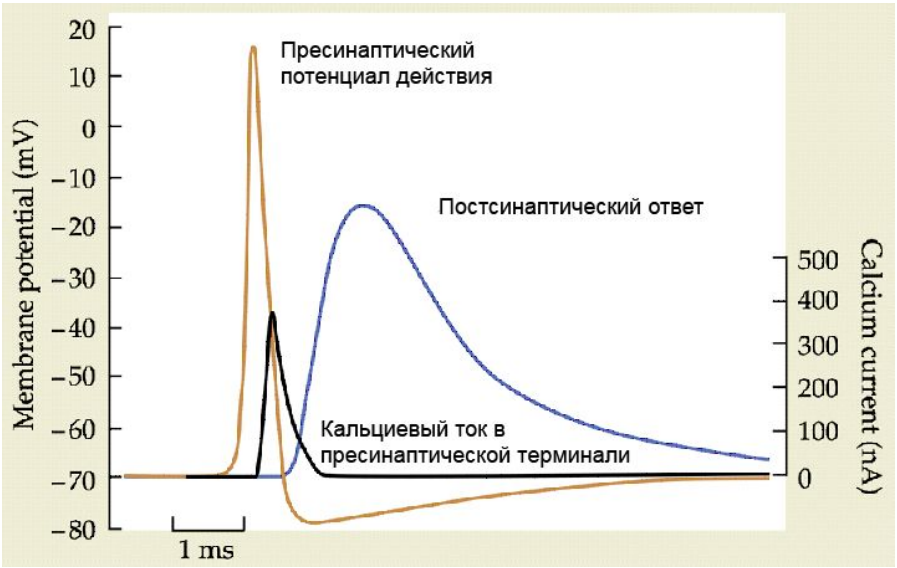


Передача возбуждения в химическом синапсе



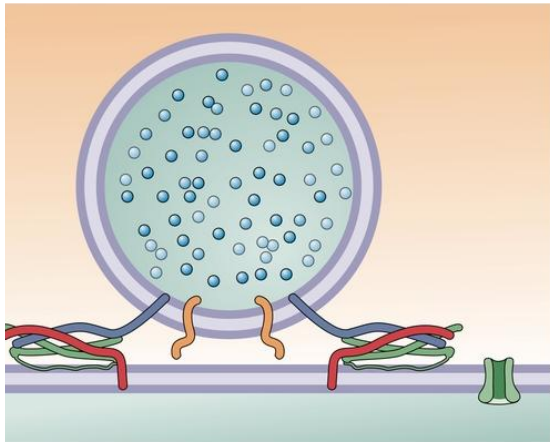
1. **Возбуждение синаптического окончания.**
2. **Открытие потенциал-зависимых Са-каналов на мембране синаптического окончания - Са++ входит внутрь синаптического окончания.**

3,4. Са++ вызывает выход нейромедиатора (*экзоцитоз*).

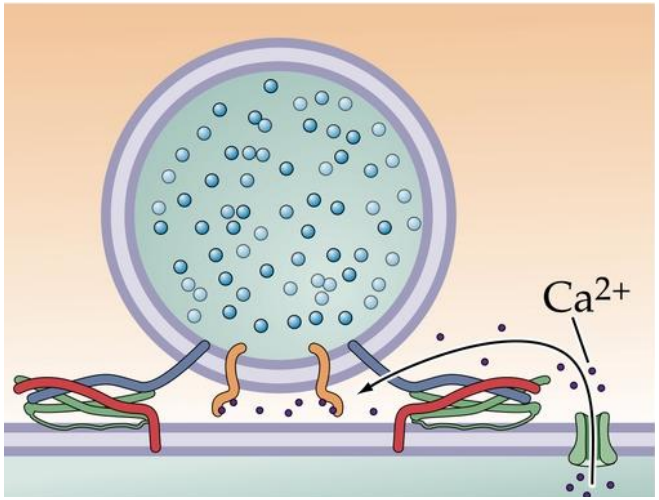


5. **Диффузия медиатора к постсинаптической мембране.**
6. **Связывание медиатора с рецепторами – открытие *хемозависимых* каналов на субсинаптической мембране.**

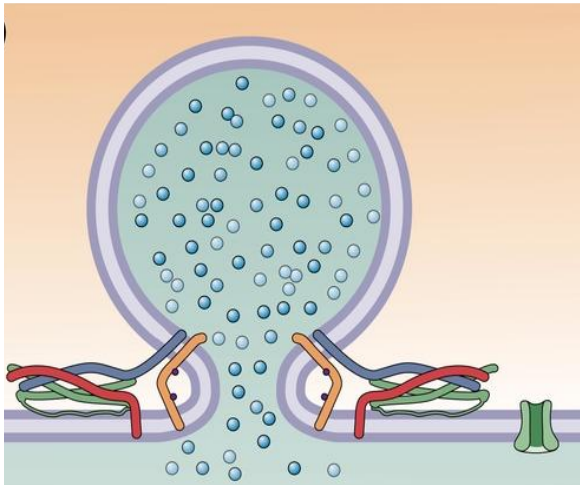
Экзоцитоз медиатора



Пузырек прикреплен **к мембране (docking) и подготовлен к слиянию с ней (priming).**

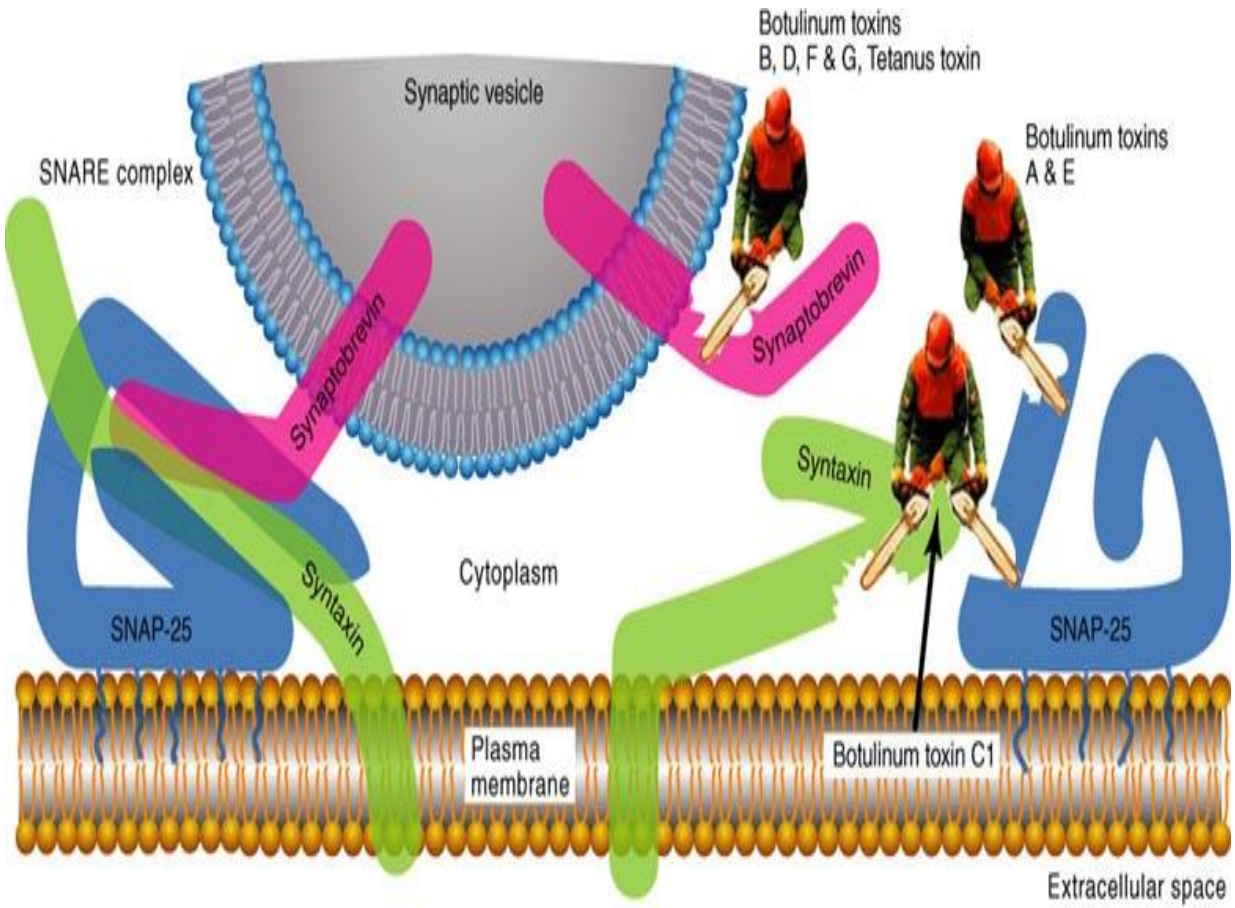


Деполяризация открывает кальциевые каналы в пресинаптической мембране. Концентрация Ca2+ повышается вблизи пузырька.



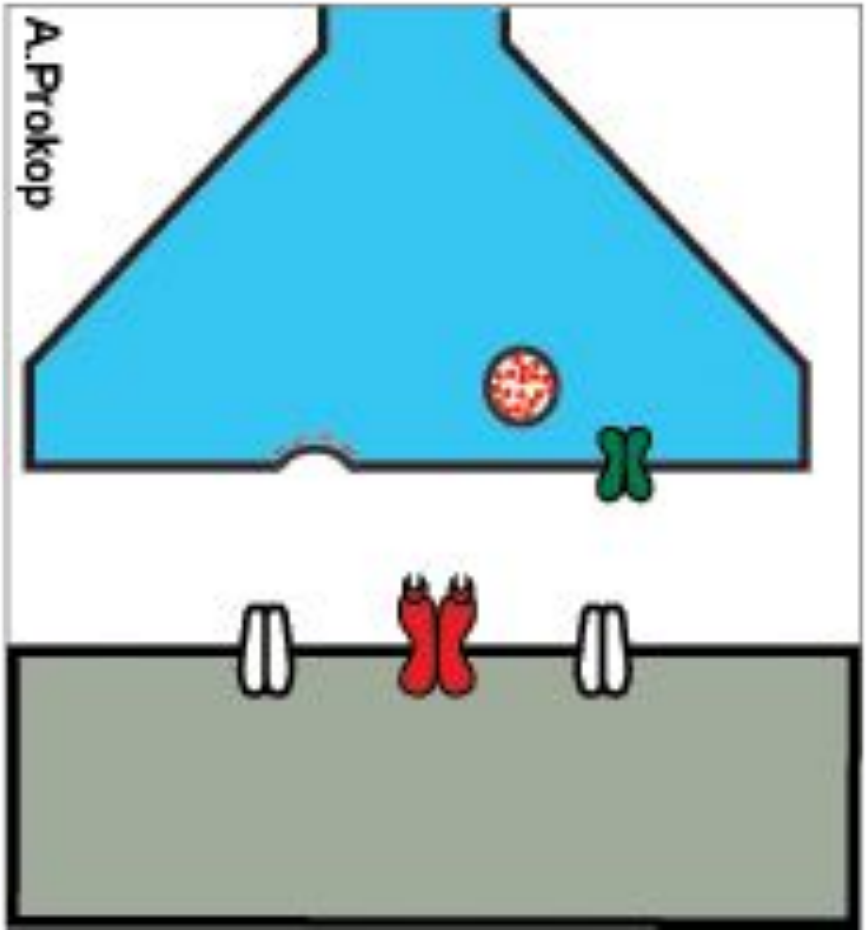
Происходит слияние пузырька с мембраной и опорожнение его содержимого.

Белки «машины секреции медиатора» являются мишенями ряда токсинов



- Микробные токсины, вызывающие ботулизм, и столбнячный токсин – специфические протеазы.
- Латротоксин, продуцируемой пауком каракуртом нарушает функцию синаптотагмина.

- Фосфолипазы как пресинаптические токсины


A.Prokop

Постсинаптические процессы

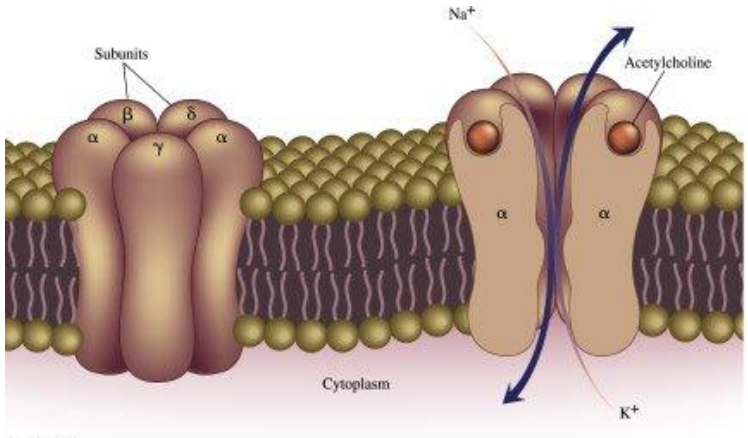
ТИП СИНАПТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ ВОЗБУЖДЕНИЯ

Прямая

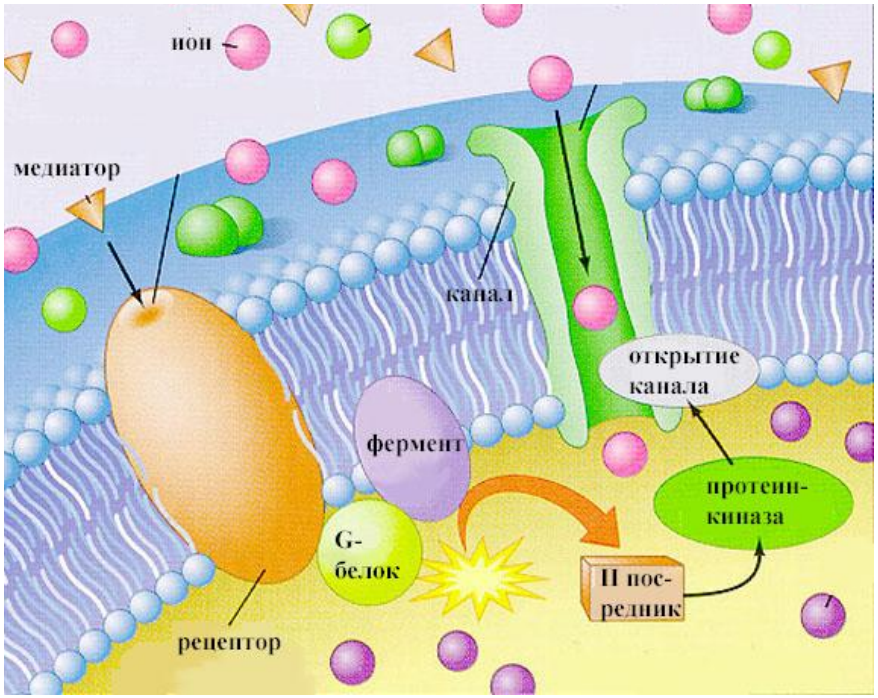
характерна для ***ионотропных*** рецепторов, белковая структура которых является одновременно ионным каналом.

Непрямая

характерна для ***метаботропных*** рецепторов, передающих сигнал к хемозависимым каналам опосредованно с помощью образования внутри клетки специальных веществ – вторичных посредников (вторичных мессенджеров).



Н-холинорецептор нервно-мышечного синапса



Возбуждение постсинаптической мембраны. Постсинаптические потенциалы.

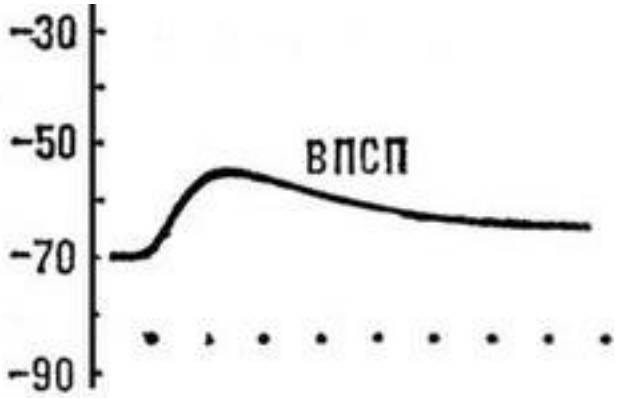
В возбуждающих синапсах:
при связывании медиатора с рецепторами открываются полиселективные хемозависимые каналы, проницаемые для ионов Na+ и К+.

Вход Na+

↓

местная деполяризация:

ВПСП



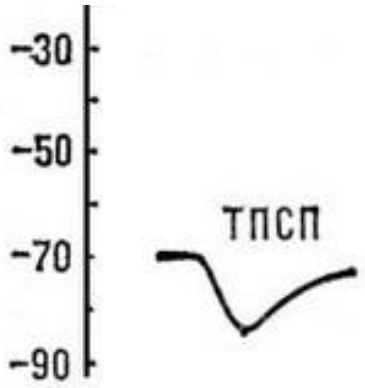
В тормозных синапсах:
на постсинаптической мембране происходит открытие моноселективных хемозависимых каналов для К+ или Cl-.

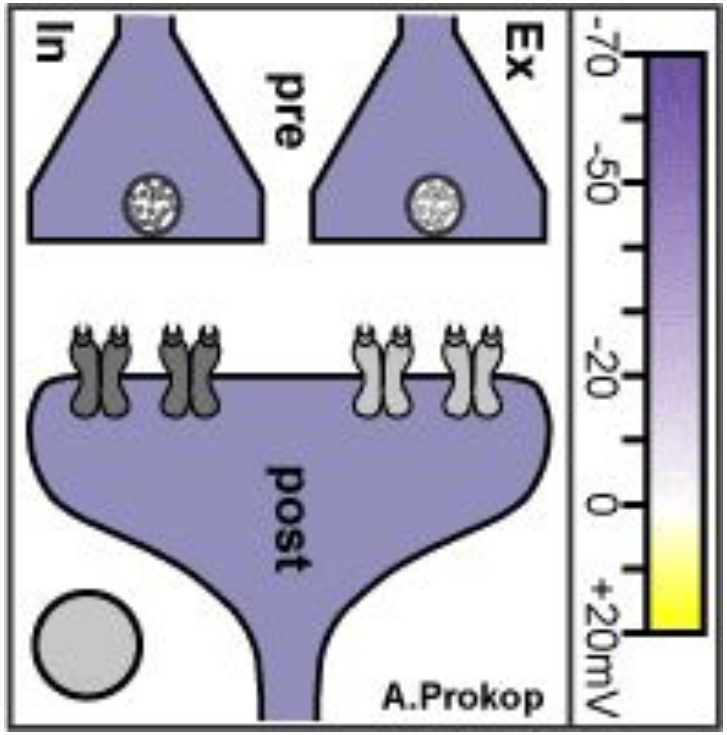
Вход Cl- или выход К+

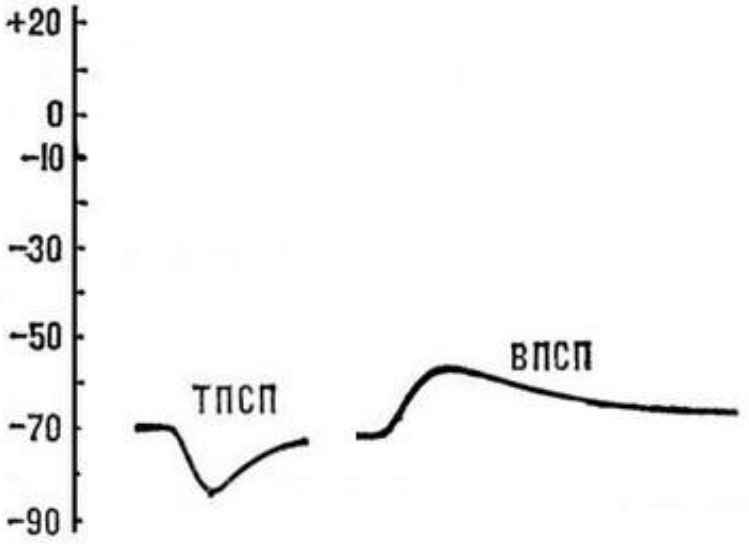
↓

местная гиперполяризация:

ТПСП




In
pre
Ex
post
A.Prokop
-70
-50
-20
0
+20mV


+20
0
-10
-30
-50
-70
-90
ТПСП
ВПСП

Виды медиаторов

1. Сложные эфиры: ацетилхолин.
2. Биогенные амины:
   - катехоламины: адреналин (как медиатор используется только в головном мозге), норадреналин, дофамин;
   - серотонин;
   - гистамин.
3. Аминокислоты: гамма-аминомасляная кислота (ГАМК), глицин, глутамат, аспартат, аргинин и др.
4. Нейропептиды: вещество П, опиоиды.
5. Пурины: АТФ.

Классификация медиаторов по действию:

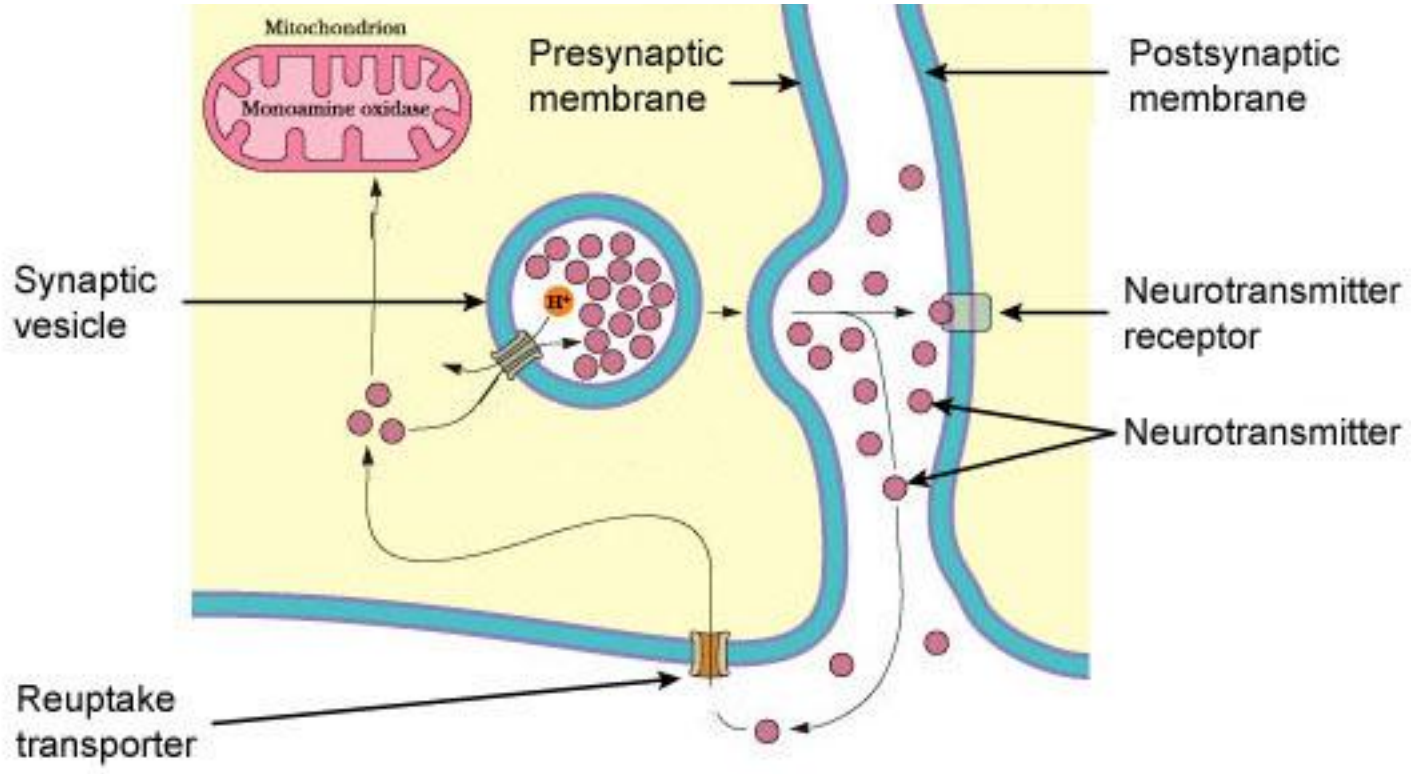
- ***Возбуждающие*** – например, глутамат
- ***Тормозные*** – например, ГАМК, глицин

Большинство медиаторов могут быть возбуждающими в одних синапсах, и тормозными – в других.

Инактивация медиатора

Инактивация медиатора – удаление из синаптической зоны.

1. Разрушение молекулы (например, гидролиз ацетилхолина ферментом холинэстеразой).
2. Обратный захват. Активный транспорт молекулы медиатора в синаптическое окончание и глиальную клетку.



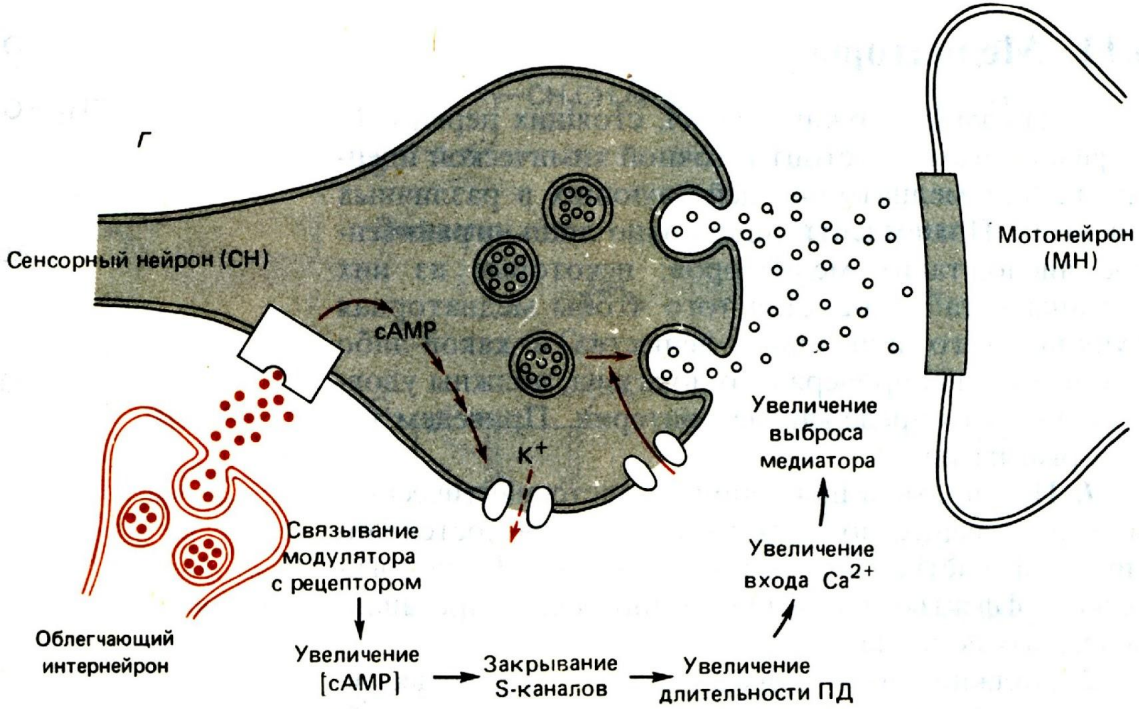
Модуляция синаптической передачи

Модуляция *– изменение синаптической передачи возбуждения под действием различных биологических веществ или других медиаторов.*

Модуляторы – вещества, действующие на передачу возбуждения в синапсе и/ или на функциональное состояние нейрона.

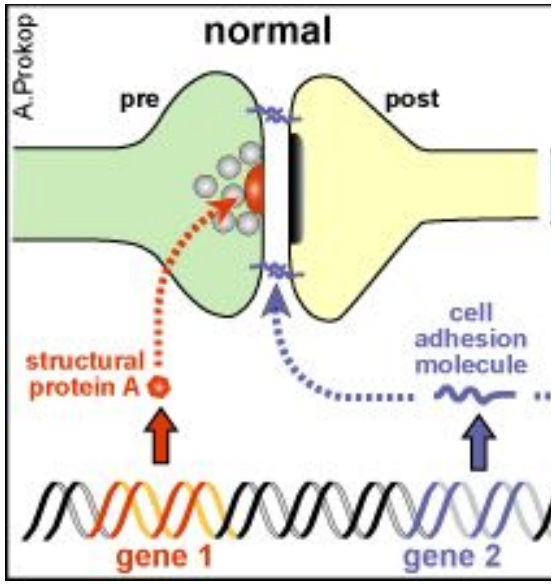
Модулятором может быть:

- гормон, гормоноподобное вещество, действующее через кровь;
- медиатор другого синаптического окончания, действующий через межклеточную жидкость;
- *ко-медиатор* – вещество, содержащееся в синаптическом окончании нейрона наряду с обычным медиатором.

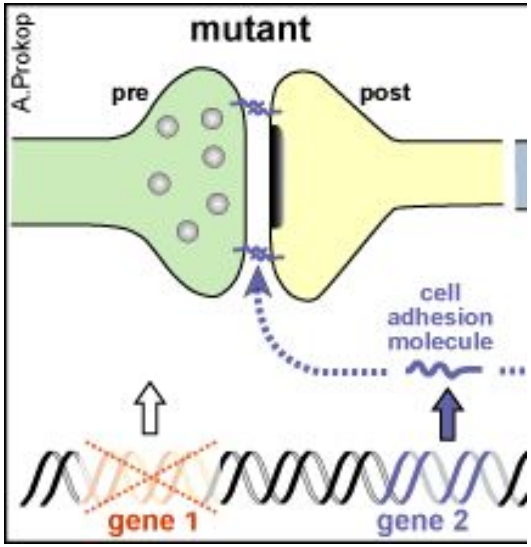


Возможные генетические нарушения синаптической передачи

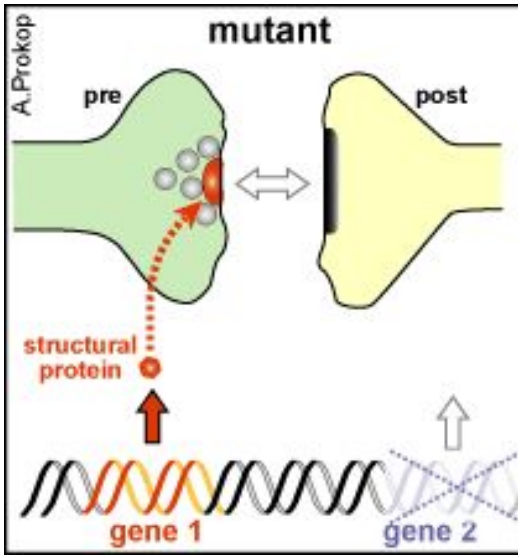
норма



Нарушение докирования



Нарушение структуры синапса



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ